



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

---

**Кафедра «Экономика строительства»**

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ**

Программа, методические указания и задания  
по выполнению расчетно-графической работы

**Минск  
БНТУ  
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Экономика строительства»

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ

Программа, методические указания и задания  
по выполнению расчетно-графической работы  
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика  
и организация производства» направления  
1-27 01 01-17 «Экономика и организация производства  
(строительство)»

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 696 (075.8)  
ББК 38.76я73  
И62

Составители:

*В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, Е. В. Хмель*

Рецензенты:

канд. техн. наук, декан факультета химической технологии  
и техники БГТУ *Ю. А. Климош*;

канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов химических  
и силикатных производств БГТУ *О. А. Петров*

Издание предназначено для студентов специальности 1-27 01 01  
«Экономика и организация производства» направления 1-27 01 01-17  
«Экономика и организация производства (строительство)».

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## **ВВЕДЕНИЕ**

Основная цель выполнения расчетно-графической работы состоит в том, чтобы сформировать и развить у студентов теоретические и практические знания по инженерным сетям и подбору трубопровода и насосного оборудования.

В результате изучения курса «Инженерные сети и системы» студенты должны

**знать** основные понятия о существующих инженерных системах, сетях, сооружениях и оборудовании; об их назначении, применении, проектировании с учетом объемно-планировочного и конструктивных решений зданий и сооружений

**уметь:**

– самостоятельно анализировать научную литературу; планировать и осуществлять свою деятельность с учётом результатов этого анализа; использовать инструкции, описания и технические паспорта о работе инженерных систем;

– представлять графические и текстовые конструкторские и проектные документы в соответствии с требованиями стандартов;

– выбирать материалы с учетом условий функционирования оборудования;

**иметь навыки** для практической работы, необходимые для профессионального общения и взаимодействия со специалистами в области строительства и смежных отраслях; с прикладными программными средствами, средствами компьютерной графики в области устройств инсистем теплоснабжения предприятий; Дисциплина «Инженерные сети и сооружения» относится к числу основополагающих инженерно-экономических дисциплин и базируется на ряде понятий курсов ранее изученных студентами предметах таких, как высшая математика, вычислительная техника и программирование, численные методы решения задач на ЭВМ, химия, физика, гидравлика, архитектура и строительные конструкции, охрана окружающей среды, экономика отрасли, технология и организация строительно-монтажных работ.

## ***1 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ***

### **Тема 1. Введение в предмет**

Общие понятия об инженерных сетях и сооружениях и их роли и значении в экономике страны. ГИС инженерных коммуникаций.

**Тема 2. Основы гидравлики** Физические свойства жидкостей. Гидростатика. Гидродинамика

**Тема 3. Основные элементы и оборудование инженерных сетей.**

Трубопроводы и арматура. Насосы и насосные станции. Метод анализа стоимости жизненного цикла при выборе оптимального насосного оборудования.

**Тема 4. Системы водоснабжения** Классификация систем водоснабжения. Водопотребление и требуемое давление. Водозаборные сооружения из подземных и поверхностных источников. Сооружения водоподготовки. Водопроводные сети и сооружения на них

**Тема 5. Системы водоотведения и очистки сточных вод (канализации).**

Особенности систем водоотведения (канализации). Сточные воды, понятие и классификация. Канализационные сети. Сооружения очистки сточных вод.

Сооружения обработки осадков сточных вод. Расчет системы водоотведения.

### **Тема 6. Системы вентиляции**

Источники загрязнения атмосферного воздуха (классификация). Назначение и классификация вентиляционных систем. Требования, предъявляемые к устройству вентиляции. Аппараты для перемещения газов (вентиляторы, газодувки, компрессоры). Методы очистки выбросов от газов, паров и аэрозолей.

### **Тема 7. Системы теплоснабжения**

Способы теплоснабжения. Основные виды и схемы централизованного теплоснабжения. Водяные системы теплоснабжения. Потребление тепловой энергии. Тепловые сети: их назначение, конструкции. Котельные: назначение, классификация, параметры.

## **Тема 8. Системы газоснабжения**

Основные элементы систем газоснабжения. Классификация газовых сетей. Газовые распределительные сети. Устройство и оборудование.

## **Тема 9. Электрические инженерные сети**

Источники тока. Электроэнергетическая система. Электрическая сеть. Классификация электрических сетей. Внутренние и наружные электрические сети. Подстанция. Распределительные устройства. Линия электропередачи. Требования предъявляемые к электрическим сетям. Схемы электроснабжения

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

При изучении вопросов, предусмотренных программой дисциплины, следует учебными пособиями и учебниками, приведенными в списке рекомендуемой литературы. Полученная информация должна быть предметом изучения и анализа, а не бездумного копирования и распечатки в качестве ответа на вопросы контрольной работы.

При выполнении практического задания 1 в первую очередь ориентироваться на источники основной литературы [1, 2, 3].

Перед началом работы необходимо начертить схему для расчета насоса (пример изображен на рис. 1).

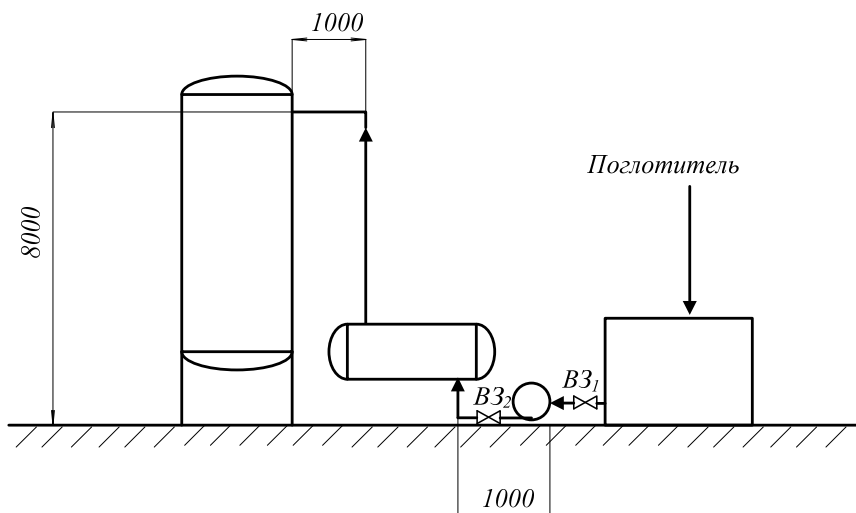


Рис. 1. Схема для расчета насоса

Для подбора насоса необходимо рассчитать суммарную потерю напора на всасывающей и нагнетательной линии (по заданию преподавателя расчет можно вести только для нагнетательной линии). Начинать расчет следует с подбора трубопровода, задаваясь оптимальной скоростью среды в нем (приложение В). Далее

корректируют скорость, выбрав диаметр трубопровода из стандартного ряда (приложение Б).

Далее определяют режим течения жидкости, определив значение критерия Рейнольдса [1, 2, 3]. Параметры среды см. в приложении А.

После находят коэффициент трения ( $\lambda$ ), коэффициенты местных сопротивлений ( $\xi$ ) [1, 2, 3].

Используя полученные величины, рассчитывают потери напора в трубопроводе по формуле

$$h_n = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d_3} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (1)$$

Далее находят потребный напор ( $H$ , м) насоса по формуле:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_r + h_n \quad (2)$$

где  $(P_2 - P_1)$  – избыточное давление в системе, Па;

$H_r$  – геометрический напор, м.

Полезную мощность насоса определяют по формуле:

$$N_{\text{п}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{нас}}} \quad (3)$$

где  $\eta_{\text{пер}}$  – к.п.д. передачи (принять 0,99);

$\eta_{\text{нас}}$  – к.п.д. насоса (принять 0,98).

В задании 2 необходимо проанализировать стоимость жизненного цикла (LCC) выбранного насоса.

Критерий стоимость жизненного цикла характеризует все затраты связанные с приобретением, эксплуатацией и утилизацией насоса на протяжении всего срока его полезного использования.



Стоимость жизненного цикла рассчитывается по формуле:

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d \quad (4)$$

где  $C_{ic}$  – первоначальные инвестиции.

К первоначальным инвестициям относятся:

- разработка (т.е. проектирование и разработка чертежей, задачи регулирования)
- определение цены
- покупка
- тестирование и исследование
- комплектация запасными частями
- обучение
- вспомогательное оборудование.

Для насосов мощностью до 5 кВт принять 2000 \$, мощностью 5–10 кВт – 3000 \$, мощностью более 10 кВт – 4000 \$.

$C_i$  – стоимость установки и комиссионные затраты (включая запуск)

Эти затраты включают следующие составляющие:

- основание – проект,
- подготовительные работы, бетонирование, усиление и т.д.
- установка оборудования на фундамент
- подсоединение труб
- подсоединение электропроводки и аппаратуры
- подсоединение вспомогательных систем и устройств
- обеспечение промывки
- запуск.

В работе эти затраты принять равными 20–30%.

$C_e$  – затраты на энергию

Часто потребление энергии является самой большой составляющей в составе LCC, особенно если насос используется более 2000 часов в год. Потребление энергии определяется сбором данных по результатам работы системы.

Затраты на электроэнергию отражают количество электроэнергии необходимое насосу для бесперебойного обеспечения потребителей водой под требуемым давлением в течение года. Данная величина затрат зависит от мощности насоса.

$C_o$  – операционные расходы – это стоимость труда, связанного с эксплуатацией насосной системы (принять равными 2–3% от суммы  $C_{ic}$  и  $C_{in}$ );

$C_m$  – эксплуатация и ремонт, стоимость зависит от времени и частоты проведения обслуживания и стоимости материалов (принять равными 2–3% от суммы  $C_{ic}$  и  $C_{in}$ ).

Затраты на эксплуатацию и ремонт отражают расходы связанные с поддержанием насосного оборудования в работоспособном состоянии и надлежащем санитарном виде.

Эксплуатация насосного оборудования базируется на последовательном и своевременном выполнении следующих этапов: осмотр, техническое обслуживание, текший и капитальный ремонты.

Осмотр необходим для определения текущего технического состояния насосного оборудования, выявления отклонений в работе и определения сроков проведения следующих этапов эксплуатации. Осмотр насосного оборудования включает в себя определение посторонних шумов при работе насосного оборудования, снятие показаний со станции управления и приборов учета и контроля.

Техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, предназначенным для увеличения общего и межремонтного периода эксплуатации, предупреждение возникновения неисправностей (аварий). Оно состоит для насосного оборудования из таких видов работ, как измерение сопротивлений изоляции системы кабель – двигатель, проверки уровня воды в скважине, настройка работы насоса на номинальный режим и работ сходящих в осмотр.

Для устранения отдельных мелких неисправностей и восстановления частично утраченной работоспособности проводят текущий ремонт. При данном виде ремонта проводятся работы входящие в осмотр и техническое

обслуживание, а также осуществляется замена в насосном оборудовании изношенных прокладок, втулок, уплотнительных колец, разборка электродвигателя для ремонта обмотки статора и замены подшипниковых втулок и подшипников насоса, пяты и подпятника электродвигателя, очистка корпуса насоса от заиливания и биологических образований.

Для полного восстановления утраченной работоспособности используют капитальный ремонт, заключающийся в замене основных деталей и узлов насоса и выполнении работ входящих в выше перечисленные этапы эксплуатации.

Все перечисленные этапы эксплуатации должны носить регулярный характер, так как предназначены для поддержания системы водоснабжения в работоспособном состоянии и предупреждения аварийных ситуаций.

$C_s$  – стоимость простоя и потерь производства, связаны с внезапными поломками (принять равными 2–7% от суммы  $C_{ic}$  и  $C_{in}$ );

$C_{env}$  – экологические расходы, включая утилизацию элементов и загрязнителей от перекачки (принять равными 2–5% от суммы  $C_{ic}$  и  $C_{in}$ );

Стоимость утилизации загрязнителей в течение срока жизни насосной системы зависит в большой степени от вида продукта перекачки;

$C_d$  – стоимость утилизации, восстановление окружающей среды (принять равными 2–5% от суммы  $C_{ic}$  и  $C_{in}$ );

В подавляющем большинстве случаев стоимость утилизации насосных систем изменяется незначительно.

Также во внимание принимаются финансовые факторы:

- настоящая стоимость электроэнергии
- ожидаемый ежегодный рост цен на энергию (инфляция) в течение жизненного цикла насосной системы
- ставка дисконта
- процентная ставка
- ожидаемый срок использования оборудования (период расчета)

Стоимость жизненного цикла показывает как распределяются затраты предприятия на эксплуатацию насоса с течением времени.

При выполнении практического задания 3 необходимо освоить и использовать программу WinCaps компании Grundfos (см. в разделе «Литература» подраздел «Компьютерные программы и другие научно-методические материалы»).

Программа WinCAPS помогает исходя из информации об основных характеристиках работы, условиях эксплуатации и стоимости определить оптимальный насос, удовлетворяющий заданным параметрам. Программа WinCAPS предоставляется студентам на диске, кроме того с ней можно ознакомиться по ссылке [www.grundfos.ru/docs/wincaps](http://www.grundfos.ru/docs/wincaps).

Программа WinCAPS имеет следующие разделы, которые представлены на главной странице: каталог, подбор насосов, замена, обслуживание, проект, чертежи, подготовленные САПР, литература (рис. 2).

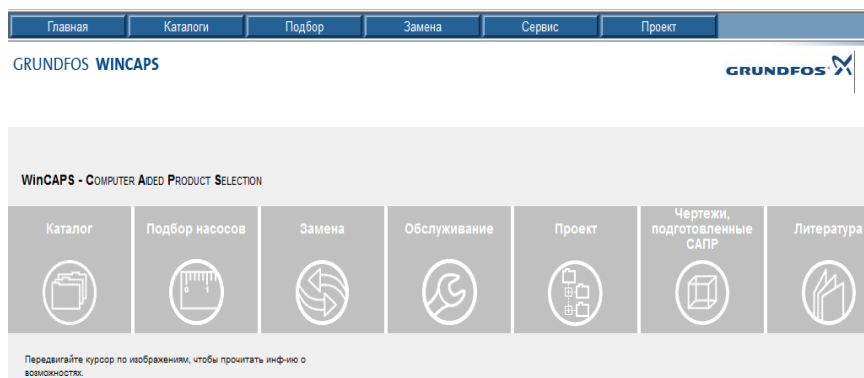


Рис. 2. Разделы Программа WinCAPS

В разделе «Подбор» необходимо выбрать область применения насосного оборудования из предложенных программой вариантов: отопление, повышение давления, водоснабжение частных домов, промышленное применение, кондиционирование воздуха, подача воды из скважин,

канализация и программа переходит к пошаговому выбору оптимального насосного оборудования (рис. 3).

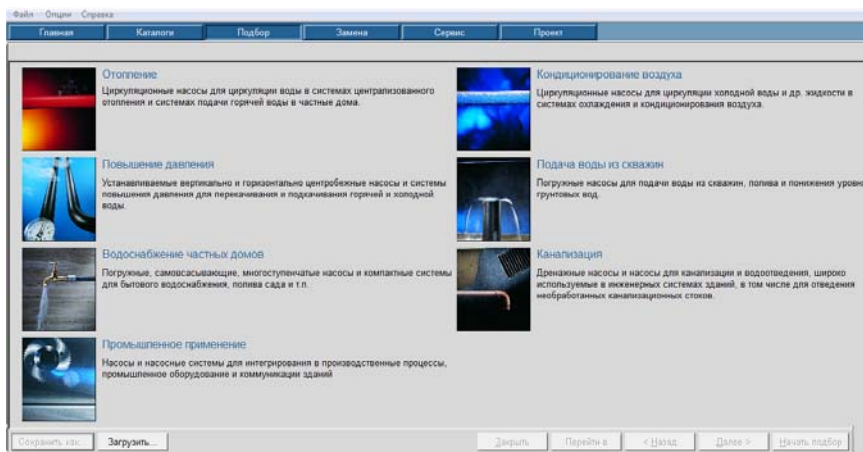


Рис. 3. Варианты области применения насосного оборудования, предложенные программой WinCAPS

В учебных целях в курсовой работе будет осуществляться подбор насосов для водоснабжения в частных домах и для подачи воды из скважин. В программе WinCAPS подбор насосного оборудования осуществляется пошагово.

### ***Водоснабжение частных домов***

**Шаг 1.** Программа предлагает определить тип схемы водоснабжения из представленных вариантов: система с разводом струи, водоснабжение из крышного бака, система с подключением к водопроводной сети, закачка в крышный бак, дождевая вода, водоснабжение из колодца глубиной до 8 метров и более 8 метров (рис. 4).

В качестве примера подбора насосного оборудования рассмотрен вариант подбора насоса для систем водоснабжения глубиной до 8 метров.

**Шаг 2.** Программа предлагает задать параметры напора и расхода воды, которые являются обязательными для заполнения (рис. 5).

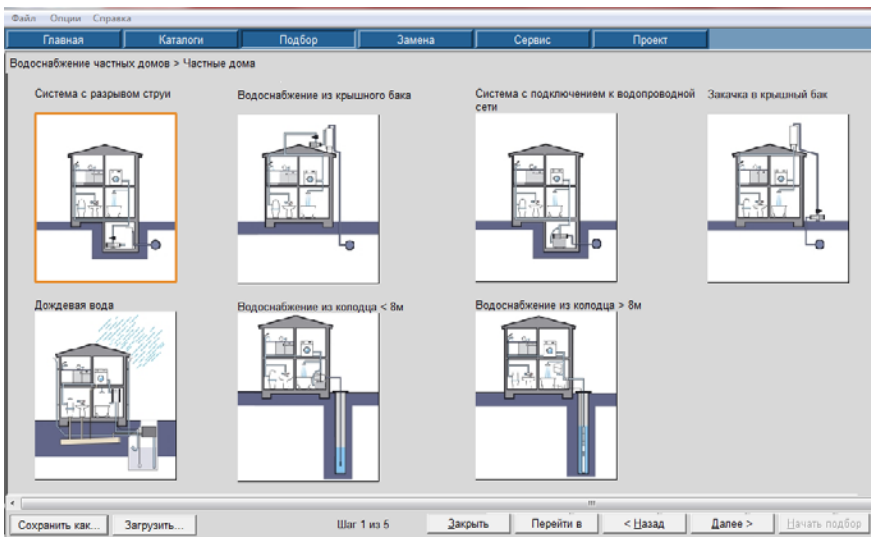


Рис. 4. Вкладка для определения типа схемы водоснабжения в программе WinCAPS

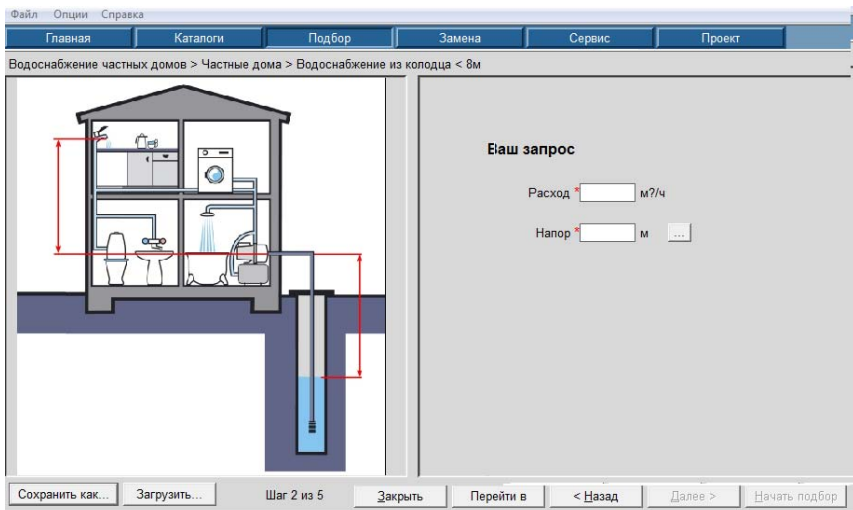


Рис. 5. Вкладка для введения параметров напора и расхода в программе WinCAPS

Введя требуемые значения, исходя из полученного задания и нажав кнопку «Далее» переходим к следующему шагу по подбору насоса «Выбор конструктивной системы».

**Шаг 3.** Выбор конструктивной схемы заключается в определении дополнительных характеристик предъявляемых к насосному оборудованию со стороны покупателя: защита от сухого хода, регулируемое давление, компактная установка, самовсасывание, автоматический повторный пуск. В учебных целях принимаем в качестве конструктивных особенностей защита от «сухого хода» (необходимо сделать отметку напротив надписи защита от сухого хода).

Для нормальной работы погружных насосов необходимо наличие воды, которая работает и как смазка и как источник отвода тепла. При отсутствии воды внутренние детали насоса начинают соприкасаться, нагреваться и деформироваться, что может привести к заклиниванию вала насоса и поломке электродвигателя. Как правило, после этого насос либо совсем перестает подавать воду, либо подает её не выдавая своих паспортных характеристик.

Защита от сухого хода необходима, если есть вероятность того, что уровень воды в колодце или скважине упадет настолько, что всасывающий патрубок погружного насоса окажется выше этого уровня.

**Шаг 4.** Определение условий эксплуатации заключается в корректировке данных предложенных программой: частота, фаза, напряжение. Все остальные параметры автоматически заполняются программой WinCAPS (рис. 6).

**Шаг 5 и 6.** Задав необходимые параметры, нажимаем на клавишу «Начать подбор» и программа внизу страницы показывает все насосы с техническими и стоимостными показателями, соответствующие заданным характеристикам. Слева вверху отражается информация о входных данных для подбора насосного оборудования. Справа вверху программа предоставляет информацию о наиболее оптимальном насосе в соответствии с заданными оценочными критериями (рис. 7).

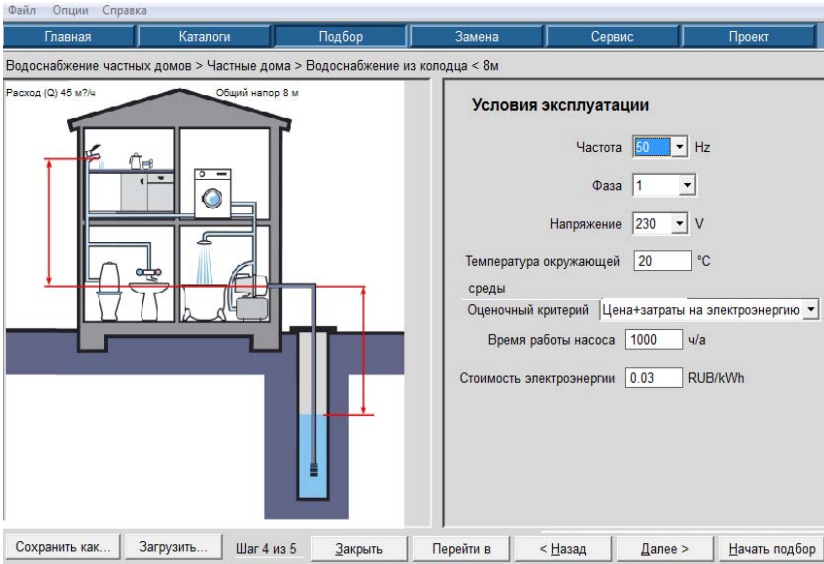


Рис. 6. Вкладка для корректировки данных касающихся условий эксплуатации насосного оборудования в программе WinCAPS

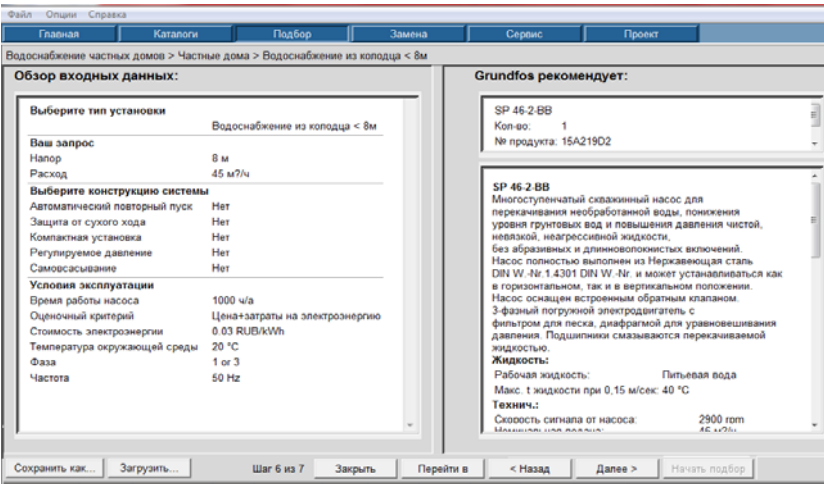


Рис. 7. Итоги результата подбора насосного оборудования



**Шаг 7.** Выделив и щелкнув два раза левой кнопкой мыши на рекомендуемый программой насос, переходим к его техническим характеристикам работы (рис. 8).

Подбор насосного оборудования при помощи программы WinCAPS для водоснабжения частных домов завершён.

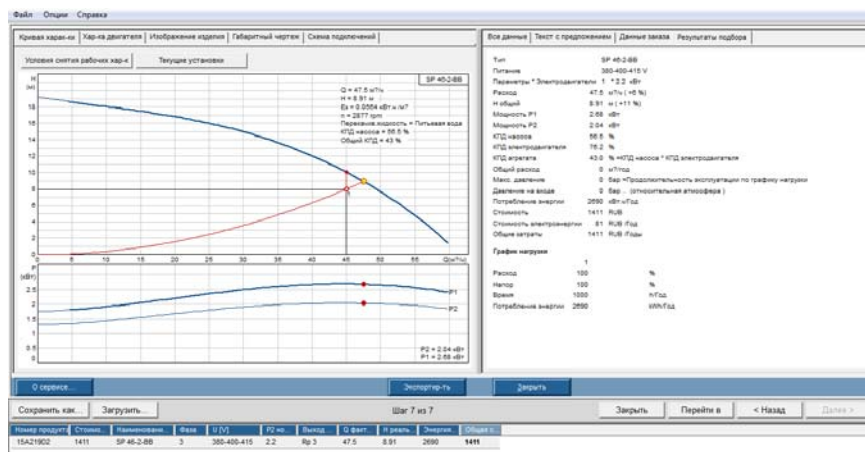


Рис. 8. Технические характеристики работы насосного оборудования

### **Подача воды из скважин**

**Шаг 1.** Определяем тип инсталляции «Скважина» и выбираем предложенную программой схему водоснабжения из представленных вариантов: установка в скважину открытый гидробак, установка в скважину закрытый гидробак, установка в скважину без гидробака и нажимаем кнопку «Далее» (рис. 9).

В качестве примера рассмотрен подбор насоса для установки в скважину без гидробака.

**Шаг 2.** Программа предлагает задать параметры напора и расхода для насосного оборудования (рис. 10).

**Шаг 3.** Выбираем тип соединения насосного агрегата фланец или резьба из предложенного перечня. Все остальные параметры задаются программой автоматически и остаются неизменными.

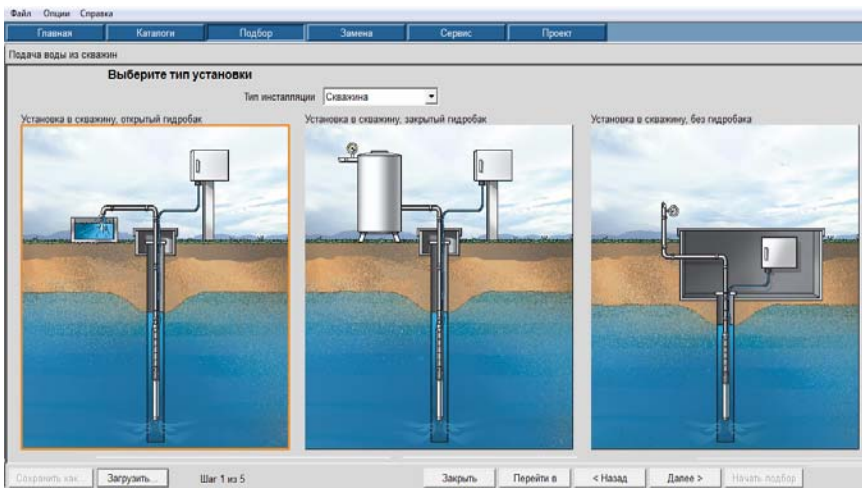


Рис. 9. Определение схемы водоснабжения (шаг 1)

**Шаг 4.** Определяет условия эксплуатации насосного оборудования за счет корректировки данных предложенных программой: частота, фаза, напряжение, вид пуска в зависимости от фазы. Все остальные параметры автоматически заполняются программой.

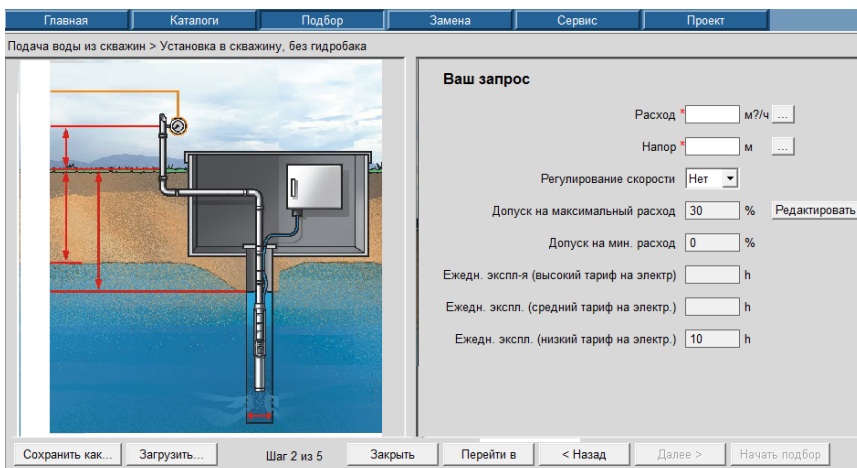


Рис. 10. Вкладка для введения основных параметров работы насоса

**Шаг 5 и 6.** Задав необходимые параметры, нажимаем на клавишу «Начать подбор» и программа показывает все насосы с техническими и стоимостными показателями, которые соответствуют заданным характеристикам аналогично как при подборе насоса для водоснабжения частных домов.

**Шаг 7.** Выделив и щелкнув два раза левой кнопкой мыши на рекомендуемый программой насос, переходим к его техническим характеристикам работы.

Для построения гистограмм стоимости жизненного цикла необходимо использовать актуальную информацию по стоимости насосного оборудования, сервисного (технического) обслуживания, стоимости электроэнергии.

Далее анализируя гистограммы стоимости жизненного цикла необходимо выбрать наиболее подходящий насос и распечатать его технические характеристики, необходимые графики, чертежи (насоса и двигателя), схемы подключения и приложить их к работе.

Содержание контрольной работы:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- задание;
- ответы на теоретические вопросы;
- схема к расчету насоса;
- расчет насоса;
- расчет стоимости жизненного цикла насоса;
- подбор насоса (по программе WinCaps и должен включать параметры насоса, характеристики, схемы и чертежи насоса и двигателя, оценка стоимости жизненного цикла);
- заключение;
- список использованных источников.

Расчетно-графическая работа считается выполненной, если студентом правильно выполнены практические задания и даны полные ответы на теоретические вопросы по своему варианту.

### **3 КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина «Инженерные сети и сооружения» изучается после освоения общенаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин.

При изучении вопросов, предусмотренных программой дисциплины, следует учебными пособиями и учебниками, приведенными в списке рекомендуемой литературы.

Учебным планом предусматривается выполнение одной расчетно-графической работы по дисциплине.

Расчетно-графическая работа выполняется самостоятельно, по индивидуальным вариантам. Студент не допускается к сдаче экзамена без выполненной расчетно-графической работы.

Расчетно-графической работа состоит из ответа на три теоретических вопроса (таблица 1) и выполнения двух практических заданий (таблица 2). Первое задание требует расчета насоса и стоимости жизненного цикла; второе – подбор насоса для заданных параметров сети при помощи программы WinCAPS).

Выбор задания осуществляется по номеру студента в списке учебной группы.

**Задание 1.** Необходимо рассчитать и подобрать насос для перекачивания воды в системе с расходом  $Q$ . Температура воды  $T$ . На трубопроводе установлен один вентиль регулирующий и местные сопротивления согласно варианта (таблица 1). Избыточное давление в системе  $P$ . Вода подается на высоту  $H_r$ . Длина трубопровода  $L$ .

**Задание 2.** Необходимо рассчитать по методике, изложенной выше, стоимость жизненного цикла работы насосного оборудования.

**Задание 3.** На основании данных, согласно индивидуального задания и рассчитанного необходимого напора насоса по заданию 1, необходимо подобрать 2 наиболее подходящих насоса и сравнить стоимость жизненного цикла предложенного насосного оборудования (срок эксплуатации 10 лет). Из двух насосов выбрать наиболее оптимальный. Распечатать отчет, предлагаемой формы из программы WinCAPS.

### 3.1 Вопросы расчетно-графической работы

Таблица 1

#### Варианты заданий расчетно-графической работы

Номер по списку в журнале	Номера вопросов	Номер по списку в журнале	Номера вопросов
1	1, 31, 61	17	2, 17, 47
2	2, 32, 62	18	3, 18, 48
3	3, 33, 63	19	4, 19, 49
4	4, 34, 64	20	5, 20, 50
5	5, 35, 65	21	6, 21, 51
6	6, 36, 66	22	7, 22, 52
7	7, 37, 67	23	8, 23, 53
8	8, 38, 68	24	9, 24, 54
9	9, 39, 69	25	10, 25, 55
10	10, 40, 70	26	11, 26, 56
11	11, 41, 71	27	12, 27, 57
12	12, 42, 72	28	13, 28, 58
13	13, 43, 73	29	14, 29, 59
14	14, 44, 74	30	15, 30, 60
15	15, 45, 75	31	16, 31, 61
16	1, 16, 46	32	17, 32, 62

1 Общие понятия об инженерных сетях и сооружениях и их роли и значении в экономике страны

2 Физические свойства жидкостей

3 Гидростатическое давление

4 Атмосферное давление

5 Давление абсолютное, избыточное и разрежение (вакуум)

6 Гидродинамика

7 Основные характеристики движения жидкостей

8 Скорость и расход жидкости

9 Уравнение неразрывности потока

10 Материальный баланс потока

11 Уравнение Бернулли (Энергетический баланс потока)

- 12 Режимы движения жидкости
- 13 Распределение скоростей по сечению потока при ламинарном и турбулентном режимах
- 14 Некоторые практические приложения уравнения Бернулли
- 15 Движение жидкости в напорных трубопроводах и их расчет
- 16 Трубопроводы. Классификация
- 17 Типы соединения труб
- 18 Классификация трубопроводной арматуры
- 19 Типы трубопроводной арматуры
- 20 Конструкции насоса
- 21 Рабочие характеристики центробежного насоса
- 22 Характеристики трубопровода. Совместная работа насос-трубопровод
- 23 Типовые закономерности центробежного насоса
- 24 Последовательно и параллельно включенные насосы
- 25 Объемные насосы
- 26 Струйный насос
- 27 Эрлифт (газлифт)
- 28 Метод анализа стоимости жизненного цикла при выборе оптимального насосного оборудования
- 29 Структура стоимости жизненного цикла
- 30 Системы и схемы питьевого водоснабжения
- 31 Классификация систем водоснабжения
- 32 Водопотребление и требуемое давление
- 33 Водозаборные сооружения из подземных источников
- 34 Водозаборные сооружения из поверхностных источников
- 35 Показатели качества воды
- 36 Основные процессы обработки воды
- 37 Осветление воды в фильтрах
- 38 Обеззараживание воды
- 39 Водопроводные сети и сооружения на них
- 40 Особенности систем водоотведения (канализации)
- 41 Сточные воды, понятие и классификация
- 42 Системы и схемы канализации
- 43 Канализационные сети

- 44 Сооружения очистки сточных вод.
- 45 Схемы внутренней канализации здания и дворовой внутри-квартальной канализационной сети
- 46 Биологическая очистка сточных вод
- 47 Механическая очистка сточных вод
- 48 Сооружения обработки осадков сточных вод
- 49 Источники загрязнения атмосферного воздуха (классификация)
- 50 Назначение и классификация вентиляционных систем
- 51 Производственная вентиляция. Классификация
- 52 Местная вентиляция
- 53 Кондиционирование воздуха
- 54 Требования, предъявляемые к устройству вентиляции
- 55 Аппараты для перемещения газов (вентиляторы, газодувки, компрессоры)
- 56 Методы очистки выбросов от аэрозолей
- 57 Методы очистки выбросов от газов и паров
- 58 Фильтрационная очистка газов от аэрозолей (классификация фильтровальных перегородок и фильтров)
- 59 Способы теплоснабжения.
- 60 Основные виды и схемы централизованного теплоснабжения водяные системы теплоснабжения.
- 61 Тепловые сети: их назначение, конструкции.
- 62 Котельные: назначение, классификация, параметры.
- 63 Газы и их добыча.
- 64 Основные элементы систем газоснабжения.
- 65 Классификация газопроводов
- 66 Классификация газовых сетей
- 67 Газовые распределительные сети
- 68 Системы и схемы газоснабжения
- 69 Устройство и оборудование газовых сетей.
- 70 Наружные электрические сети.
- 71 Источник тока. Электростанции.
- 72 Схемы электрической сети
- 73 Классификация электрических сетей
- 74 Требования, предъявляемые к электрическим сетям
- 75 Внутренние электрические сети.

### 3.2 Практические задания расчетно-графической работы

Таблица 2

Варианты заданий расчетно-графической работы

Номер в списке учебной группы	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$T$ , °С	$P$ , МПа	Материал труб	$L$ , м	$H_g$ , м	Местные сопротивления, шт		
							Вентиль запорный	Вход в аппарат (такое же количество выходов)	Колено 90°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$10 \cdot 10^{-3}$	40	0,10	Сталь	40	20	2	1	4
2	$12 \cdot 10^{-3}$	38	0,20	Пластик	45	22	4	2	5
3	$14 \cdot 10^{-3}$	36	0,30	Сталь	50	24	6	3	6
4	$16 \cdot 10^{-3}$	34	0,40	Пластик	55	26	2	1	4
5	$18 \cdot 10^{-3}$	32	0,50	Сталь	60	28	4	2	5
6	$20 \cdot 10^{-3}$	30	0,15	Пластик	65	30	6	3	6
7	$22 \cdot 10^{-3}$	28	0,25	Сталь	20	10	2	1	4
8	$24 \cdot 10^{-3}$	26	0,35	Пластик	25	12	4	2	5
9	$26 \cdot 10^{-3}$	24	0,45	Сталь	30	14	6	3	6
10	$28 \cdot 10^{-3}$	22	0,55	Пластик	35	16	2	1	4
11	$30 \cdot 10^{-3}$	20	0,10	Сталь	40	18	4	2	5
12	$32 \cdot 10^{-3}$	18	0,20	Пластик	10	2	6	3	6
13	$34 \cdot 10^{-3}$	16	0,30	Сталь	15	4	2	1	4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	$36 \cdot 10^{-3}$	14	0,40	Пластик	20	6	4	2	5
15	$38 \cdot 10^{-3}$	12	0,50	Сталь	25	8	6	3	6
16	$40 \cdot 10^{-3}$	10	0,15	Пластик	30	3	2	1	4
17	$11 \cdot 10^{-3}$	12	0,25	Сталь	25	5	4	2	5
18	$13 \cdot 10^{-3}$	14	0,35	Пластик	20	7	6	3	6
19	$15 \cdot 10^{-3}$	16	0,45	Сталь	15	9	2	1	4
20	$17 \cdot 10^{-3}$	18	0,55	Пластик	40	11	4	2	5
21	$19 \cdot 10^{-3}$	20	0,10	Сталь	35	13	6	3	6
22	$21 \cdot 10^{-3}$	22	0,20	Пластик	30	15	2	1	4
23	$23 \cdot 10^{-3}$	24	0,30	Сталь	45	17	4	2	5
24	$25 \cdot 10^{-3}$	26	0,40	Пластик	50	19	6	3	6
25	$27 \cdot 10^{-3}$	28	0,50	Сталь	55	21	2	1	4
26	$29 \cdot 10^{-3}$	30	0,15	Пластик	60	23	4	2	5
27	$31 \cdot 10^{-3}$	32	0,25	Сталь	65	25	6	3	6
28	$33 \cdot 10^{-3}$	34	0,35	Пластик	70	27	2	1	4
29	$35 \cdot 10^{-3}$	36	0,45	Сталь	75	29	4	2	5
30	$37 \cdot 10^{-3}$	38	0,55	Пластик	80	31	6	3	6
31	$20 \cdot 10^{-3}$	16	0,10	Сталь	85	6	2	1	4
32	$15 \cdot 10^{-3}$	20	0,15	Пластик	90	10	4	2	5

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература**

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1973. – 754 с.
2. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романов, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.
3. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1991. – 494 с.
4. Отопление, водопровод и канализация. Справочник проектировщика. / Под редакцией И. Г. Староведова – М.: Стройиздат, 1976.
5. Алексеев, М.И. Городские инженерные сети и коллекторы: учебник для вузов / М.И. Алексеев [и др.]. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990 – 384 с.
6. Певной, П. Современное здание. Инженерные системы / П. Певной. – 2006.
7. Чугаев, Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. – Л.: Энергия, 1982. – 672 с.
8. Константинов, Н. М. Гидравлика, гидрология и гидрометрия: в 2 ч. / Н. М. Константинов, Н. А. Петров, Л. И. Высоцкий. – М.: Высшая школа, 1987. – Ч. 1: Общие законы. – 304 с.
9. Примеры гидравлических расчетов / под ред. Н. М. Константинова. – М.: Транспорт, 1987. – 498 с.
10. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. – М.: Стройиздат, 1986.
11. Пластмассовые трубы и современные технологии для строительства и ремонта трубопроводов. Трубы и детали трубопроводов из полимерных материалов. Справочные материалы. Издание 2-е переработанное и дополнительное. – М.: ТОО «Издательство ВНИИМП», 2003.
12. Гуринович, А. Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения / А. Д. Гуринович. – Минск: Технопринт, 2001. – 302 с.

13. Гуринович, А. Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами. Планирование, проектирование, строительство и эксплуатация / А. Д. Гуринович. – Минск: Технопринт, 2004. – 247 с.

14. Degremont. Технический справочник по обработке воды. «Новый журнал» Санкт-Петербург, 2007.

15. Журба, М. Г. Водоснабжение / М. Г. Журба [и др.].

16. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. – М.: Издательство строительных вузов, 2003

17. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР, 1986.

18. Яковлев, В. С. Водоотведение и очистка сточных вод / В. С. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М.: Изд-во ассоциации строительных вузов, 2002.

19. Беляйкина, И. В. Водяные тепловые сети / И. В. Беляйкина [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.

20. Справочник проектировщика: Тепловые сети / под ред. А. А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 360 с.

21. Тепловые и атомные электрические станции: справочник / под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

22. Козин, В. Е. Теплоснабжение / В. Е. Козин [и др.]. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.

23. Комина, Г. П. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазо-снабжение и вентиляция / Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.

24. Системы газоснабжения : метод. указания / сост.: Н.П. Жуков, А.В. Чурилин. – Тамбов : Изд-во тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 52 с.

25. Ионин, А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989

26. Стаскевич, Н. Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н. Л. Стаскевич [и др.]. – Л.: Недра, 1990.

27. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.

28. Солдаткина, Л. А. Электрические сети и системы / Л. А. Солдаткина. – М.: Энергия, 1978. – 216 с.

29. Ласков, Ю. М. Примеры расчётов канализационных сооружений / Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов, В. И. Калицун. – М.: Высшая школа. 1981. – 232 с.

### **Дополнительная литература**

1. Кедров, В. С. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебник для вузов / В. С. Кедров, Е. Н. Ловцов. – М.: Стройиздат, 1989.

2. Добромыслов, Я. А. Таблицы для гидравлических расчётов трубопроводов из полимерных материалов / Я. А. Добромыслов. – М.: Изд.ВНИИМП, 2004. – Т. 1, 2: Напорные трубопроводы.

3. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.

4. Яковлев, С. В. Канализация / С. В. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1976. – 632 с.

5. Ионин, А. А. Теплоснабжение / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1982. – 382 с.

6. Пелисье Рене. Энергетические системы. – М.: Высшая шк., 1982. – 568 с.

7. Белорусов, Н. И. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник / Н. И. Белорусов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлев. – М.: Энергия, 1979. – 416 с

8. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю. П. Бобырина [и др.]. – М.: Энергоатомиздат 1990.

### **Технические нормативные правовые акты**

1. ТКП 45-4.01-29-2006 (02250) Сети водоснабжения и канализации из полимерных труб. Правила проектирования и монтажа

2. ТКП 45-4.01-30-2009 (02250) Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования

3. ТКП 45-4.01-31-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования

4. ТКП 45-4.01-52-2007 (02250) Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования

5. ТКП 45-3.01-116-2008 (02250) Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки

6. ТКП 45-2.02-138-2009 (02250) Противопожарное водоснабжение.

7. СанПиН № 10-113 РБ 99 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения

8. ТКП 45-1.03-212-2010 (02250) Нормы продолжительности строительства инженерных сетей и сооружений

9. ТКП 45-4.01-180-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Осветление и обесцвечивание воды. Правила проектирования

10. ТКП 45-4.01-197-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Правила проектирования

11. ТКП 45-4.01-198-2010 (02250) Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования

12. ТКП 45-4.01-199-2010 (02250) Скважинные водозаборы. Правила проектирования

13. ТКП 45-4.01-200-2010 (02250) Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования

14. ТКП 45-4.01-201-2010 (02250) Сооружения водоподготовки. Обезжелезивание подземных вод. Правила проектирования

15. ТКП 45-4.01-202-2010 (02250) Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования

16. ТКП 45-4.01-30-2009 (02250) Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования

17. ТКП 45-4.01-31-2009 Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования

18. ТКП 45-4.01-51-2007 (02250) Системы водоснабжения и канализации усадебных жилых домов. Правила проектирования

19. СНБ 4.01.01-03 Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования

20. ТКП 45-4.01-181-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Обеззараживание воды. Правила проектирования

21. СНИП 2.04.07-86 Тепловые сети

22. СНИП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

23. СНИП 3.01.01-90 Организация строительного производства

24. СНиП 3.05.03-85 Тепловые сети
25. СНиП 3.05.05-84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы
26. ТКП 45-4.01-200-2010 Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования
27. ТКП 45-4.01-197-2010 Наружные водопроводные сети и сооружения. Правила проектирования
28. ТКП 45-2.02-139-2010 Системы внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения. Правила проектирования и устройства
29. ТКП 45-4.02-204-2010 Схемы теплоснабжения населенных пунктов. Правила разработки
30. ТКП 45-4.02-182-2009 Тепловые сети. Строительные нормы проектирования
31. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования
32. ТКП 45-4.02-73-2007 Системы отопления из металлополимерных труб. Правила проектирования и монтажа
33. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения

**Компьютерные программы  
и другие научно-методические материалы**

1. [www.grundfos.com/wincap](http://www.grundfos.com/wincap)
2. [www.energosoftware.info/soft\\_teploTeX\\_101\\_110.html](http://www.energosoftware.info/soft_teploTeX_101_110.html)
3. Компьютерная модель FEASIBLE [www.hse.ru/ic6/report04.doc](http://www.hse.ru/ic6/report04.doc)

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

#### **Основные свойства воды**

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\mu, \text{мПа}\cdot\text{с}$	$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\mu, \text{мПа}\cdot\text{с}$
1	1000	1,731	21	998	0,981
2	1000	1,673	22	997	0,9579
3	1000	1,619	23	997	0,9358
4	1000	1,567	24	997	0,9142
5	1000	1,519	25	997	0,8937
6	1000	1,473	26	996	0,8737
7	1000	1,428	27	996	0,8545
8	1000	1,386	28	996	0,836
9	1000	1,346	29	996	0,818
10	1000	1,308	30	996	0,8007
11	1000	1,271	31	995	0,784
12	1000	1,236	32	995	0,7679
13	999	1,203	33	995	0,7523
14	999	1,171	34	994	0,7371
15	999	1,14	35	994	0,7225
16	998	1,111	36	994	0,7085
17	998	1,083	37	993	0,6947
18	998	1,056	38	993	0,6814
19	998	1,03	39	992	0,6685
20	998	1,005	40	992	0,656

*ПРИЛОЖЕНИЕ Б*

**Стандартные диаметры трубопроводов**

$D_{н2}$ , мм	$h_{ст2}$ , мм	$D_{н2}$ , мм	$h_{ст2}$ , мм	$D_{н2}$ , мм	$h_{ст2}$ , мм
14	2	48	3	133	4
14	2,5	48	4	133	6
14	3	56	3,5	133	7
16	2	57	2,5	159	4,5
18	2	57	3,5	159	5
18	3	57	4	159	6
20	2	70	3	159	7
20	2,5	70	3,5	194	6
22	2	76	4	194	10
22	3	90	4	219	6
25	2	90	5	219	8
25	3	89	4	245	7
32	3	89	4,5	245	10
32	3,5	89	6	273	10
38	2	95	4	325	10
38	3	95	5	325	12
38	4	108	4	377	10
45	3,5	108	5	426	11
45	4	108	6		
Примечание: $D_{н}$ – наружный диаметр трубопровода, мм $h_{ст}$ – толщина стенки трубопровода, мм					



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Рекомендуемые скорости сред в трубопроводах

Перекачиваемая среда	$\omega$ , м/с
Жидкости	
При движении самотеком:	
вязкие	0,1–0,5
маловязкие	0,5–1,0
При перекачивании насосами:	
во всасывающих трубопроводах	0,8–2,0
в нагнетательных трубопроводах	1,5–3,0
Газы	
При естественной тяге	2–4
При небольшом давлении (от вентиляторов)	4–15
При большом давлении (от компрессоров)	15–25
Пары	
Перегретые	30–50
Насыщенные при давлении, Па:	
больше $10^5$	15–25
$(1-0,5) \cdot 10^5$	20–40
$(5-2) \cdot 10^4$	40–60
$(2-0,5) \cdot 10^4$	60–75

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Значения коэффициентов местных сопротивлений

1. Вход в трубу: с острыми краями –  $\xi = 0,5$ , с закругленными краями –  $\xi = 0,2$ .

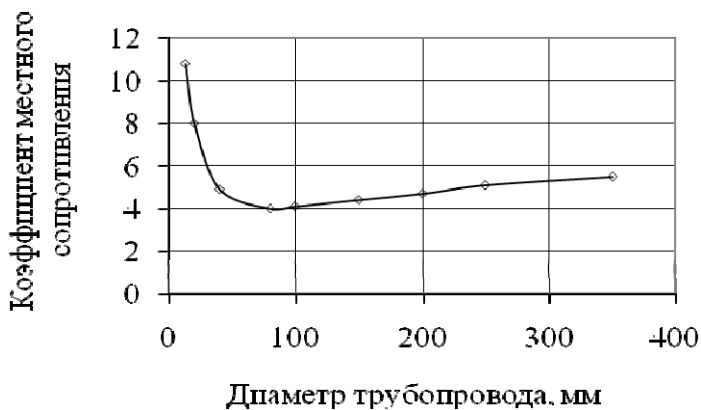
2. Выход из трубы:  $\xi = 1$ .

3. Колено с углом  $90^\circ$ :



$d$ , трубы, мм	12,5	25	37	50	>50
$\xi$	2,2	2	1,6	1,1	1,1

4. Вентиль нормальный при полном открытии (вентиль регулирующийся):



$d$ , трубы, мм	13	20	40	80	100	150	200	250	350
$\xi$	10,8	8,0	4,9	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5

5. Вентиль прямооточный при полном открытии (вентиль запорный). При  $\approx Re \geq 3 \cdot 10^5$ :



$d$ , трубы, мм	25	38	50	65	76	100	150	200	250
$\xi$	1,04	0,85	0,79	0,65	0,60	0,50	0,42	0,36	0,3

6. Задвижка:

$d$ , трубы, мм	15–100	175–200	>300
$\xi$	0,5	0,25	0,15

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Значения относительной шероховатости ( $\Delta$ , мм) для труб из различных материалов

Стекло .....	0
Трубы, тянутые из латуни, свинца, меди.....	0–0,002
Высококачественные бесшовные стальные трубы.....	0,06–0,2
Стальные трубы.....	0,1–0,5
Чугунные асфальтированные трубы.....	0,1–0,2
Чугунные трубы.....	0,2–1,0
Полимерные трубы .....	0–0,002

## *СОДЕРЖАНИЕ*

Введение .....	3
1 Программа дисциплины .....	4
2 Методические рекомендации по выполнению расчетно- графической работы .....	6
3 Контрольные задания по дисциплине .....	19
3.1 Вопросы расчетно-графической работы .....	20
3.2 Практические задания расчетно-графической работы .....	23
Литература .....	25
Приложения.....	30
Приложение А .....	30
Приложение Б .....	31
Приложение В .....	32
Приложение Г .....	33
Приложение Д .....	36

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ**

Программа, методические указания и задания  
по выполнению расчетно-графической работы  
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика  
и организация производства» направления  
1-27 01 01-17 «Экономика и организация производства  
(строительство)»

С о с т а в и т е л и :

**РОМАНОВСКИЙ** Валентин Иванович  
**ГУРИНОВИЧ** Анатолий Дмитриевич  
**ХМЕЛЬ** Екатерина Викторовна

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 07.02.2014. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,21. Уч.-изд. л. 1,73. Тираж 100. Заказ 616.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.